



Application of the Saltwater Immersion Method for Rescuing Paper-based Documents Damaged by Flood or Tsunami: Investigation of Salt-Paper Interaction and Desalination Processes

著者	BUNYAPHIPHAT Tunchira
発行年	2015
その他のタイトル	洪水及び津波に被災した紙文書を救済するための塩水保存法の活用：塩と紙の相互作用と脱塩工程の研究
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7347号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00126041

氏名（本籍）	Tunchira BUNYAPHIPHAT		
学位の種類	博 士（ 生物資源工学 ）		
学位記番号	博 甲 第 7347 号		
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Application of the Saltwater Immersion Method for Rescuing Paper-based Documents Damaged by Flood or Tsunami: Investigation of Salt-Paper Interaction and Desalination Processes （洪水及び津波に被災した紙文書を救済するための塩水保存法の活用：塩と紙の相互作用と脱塩工程の研究）		
主査	筑波大学教授	博士（農学）	江前敏晴
副査	筑波大学教授	農学博士	大井 洋
副査	筑波大学准教授	工学博士	梶山幹夫
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	中川明子

論 文 の 要 旨

塩水浸漬法は、洪水や津波で水害被災した紙文書類にカビが繁殖するのを防ぐために開発された方法である。市販のコピー用紙をいったん塩化ナトリウム水溶液に浸漬すると、乾燥しても元の紙より引張強度が低くなるが、その理由は潮解性のある塩が残存すると吸湿して紙の水分が増加するためである。広葉樹漂白クラフトパルプから調製し、添加薬品を一切含まない手すき紙ではその低下は少なかった。これらの従来知見を確認するとともに、実際に行政などの記録文書として使用されるコピー用紙を用い、塩による強度低下のメカニズムと必要な脱塩処理の方法を本論文では検討した。塩水に浸漬したコピー用紙から脱塩を行ってから乾燥すると引張強度は回復した。塩の結晶化と結晶の繊維間空隙内分布が繊維間の再結合に影響していることが考えられた。2種類の紙を構成する繊維の塩水に対する反応性の違いはナノレベルの繊維壁内空隙、浸透圧、及び繊維膨潤性を低下させるサイズ度(はっ水性)の差によるものであることを推測した。また、表面サイズとして塗布したデンプンの溶出は、塩水への浸漬では蒸留水の場合より抑えられることを明らかにし、成分の維持という意味では優れていることが分かった。

塩水保存を経た紙が高湿度下でも強度を維持するために脱塩の必要性が認識されたため、水洗とろ紙による拭き取りによる脱塩の程度を調べた。1時間程度の浸漬で十分な脱塩が可能であったが、実際には紙文書の量が増えるに連れて大量の水と労力が必要とする問題が残る。電気透析法は、イオン交換膜を使い電場をかけて陽イオンと陰イオンを同時に塩溶液から分離除去する方法であり、少量の水とわずかな労力しか必要としない。9時間の電気透析処理で塩化ナトリウム水溶液に浸漬した冊子体紙試料から、蒸留水に浸漬したのと同程度にまで脱塩することができ

た。塩化カルシウム水溶液を含む紙の場合には、電気透析法以外に炭酸化による不溶塩化により脱塩すること検討した。試料を取り出して耐圧容器に入れ、炭酸ガスを高圧で送り込むことで炭酸カルシウムを生成させることができた。気相反応なので時間がかかるのが難点であるが、炭酸水素アンモニウム水溶液に浸漬する液相法を試みたところ、炭酸カルシウムの生成効率が高く、潮解性の低い塩化アンモニウムに置換することができた。

水災の現場で紙文書類の修復作業を行うに当たり、長時間を要する乾燥工程と乾燥時に伴う紙の固着や収縮が深刻な問題となる。凍結乾燥のような特殊な装置と電源が必要な方法に代えて *t*-ブチルアルコール (TBA) を使う方法を提案した。水や他の入手しやすい95%及び70%エタノール、1-プロパノールと比較したところ、乾燥速度が最も早く、ボールペンの種類によってはにじむものもあったが、溶出が起きやすいインクジェット印刷のにじみが最も軽度であった。2013年11月の台風で大きな被害のあったフィリピンのタクロバン地区に出向き、被災した政府機関の公文書類の乾燥試験を行ったところ、水に浸漬して洗浄した時は作業中に紙を破損しやすかったが、TBAでは浸漬中も紙が強度を維持しているので扱いやすかった。また紙の成分溶出も抑えることができ、固着、収縮も起こさず乾燥させることができた。

炭酸水素アンモニウムを使ったカルシウム塩の炭酸化による脱塩・不溶化処理とTBAによる乾燥処理を開発したことで、水害被災した紙文書の塩水保存修復法の全工程を確立することができた。

審 査 の 要 旨

この研究は、水害被災により濡れてしまった紙文書類や紙文化財をカビなどの生物的な劣化から救済するための方法として既に提案された塩水浸漬による応急処置法を補完する目的で行われたもので、論文では、塩水浸漬後の紙文書の処理工程を開発するための実験や水害被災現場に出向いて実践した試行を基に塩水保存修復法として完結させることに成功している。特に海水塩の主要成分の1つで、潮解性ある塩化カルシウムがべとつき感や吸湿による紙の強度低下を引き起こす問題に対処するため、炭酸水素ナトリウム水溶液に再浸漬して不溶性の炭酸カルシウムと潮解性の低い塩化アンモニウムに置換する方法を確立している。さらに、この脱塩処理後の乾燥法として *t*-ブチルアルコールを使う方法も新規の方法として開発している。水や他のアルコールより乾燥が早く、インクジェット印刷部分の溶出が軽度であり、浸漬中の紙の強度が保たれ、乾燥時に収縮や固着もない簡便な方法である点が優れている。本論文によって初めて提案されたこれらの技術は今後実際の水害被災現場で活用されていくことが期待できるものである。

平成27年1月22日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（生物資源工学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。